Влияние частоты импульсного генератора плазмы на параметры углеродных нанотрубок [[1]](#footnote-1)\*)

Рудык Н.Н., Ильин О.И., Ильина М.В., Федотов А.А.

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, nnrudyk@sfedu.ru

Метод плазмохимического осаждения из газовой фазы (PECVD) является перспективным методом для получения углеродных нанотрубок (УНТ) для приборного применения и дает возможность формирования углеродных нанотрубок на каталитических центрах (КЦ) в заданных местах на подложке, синтез при низких температурах, а также возможность варьировать геометрическими параметрами углеродных нанотрубок в широком диапазоне [1]. Анализ литературы показывает, что параметры генератора плазмы, инициируемой на этапе активации каталитических центров и роста УНТ, такие как частота, мощность, форма сигнала влияют на геометрические параметры выращиваемых УНТ [2]. Данные зависимости требуют дополнительного исследования с целью, в частности, создания газовых сенсоров [3]. В данной работе проведены экспериментальные исследования влияния частоты генератора плазмы на параметры формируемых массивов УНТ в структуре Ni/Cr/Si.

В качестве исходной структуры для роста УНТ использовалась подложка Si (100) с напыленными пленками Cr и Ni толщиной 100 нм и 10 нм соответственно. Для генерации плазмы, инициируемой перпендикулярно поверхности образца путем прикладывания напряжения между обкладками конденсатора, образуемого нагревательным столиком с образцом и металлическим газоводом над ним использовался источник питания Pinnacle Plus+ (Advanced Energy), диапазон регулирования частоты импульсов прямоугольной формы которого составляет 0-350 кГц.

При частоте генератора плазмы 0 Гц (постоянный ток) наблюдается рост УНТ со средним диаметром 55 ± 21 нм. УНТ при этом хорошо ориентированы, наблюдается лишь незначительное отклонение от перпендикулярного к подложке направления роста. При постепенном увеличении частоты генератора плазмы (до 70 кГц) начинает проявляться разделение трубок в массиве на более толстые (84±17 нм) и трубки меньшего диаметра. При этом первые формируются все так же преимущественно вертикальными, однако начинают приобретать периодические изломы. Более тонкие же трубки при этом начинают терять свое “вертикальное” положение, а их количество сокращается. При дальнейшем росте частоты плазмозадающего генератора до 140-350 кГц наблюдается продолжающийся процесс разориентирования роста УНТ, в массиве преобладают хаотично расположенные трубки, что может быть связано, с недостаточным временем воздействия плазмы разряда для создания условия направленного роста УНТ.

Полученные результаты показали, что путем изменения частоты плазмы можно непосредственно во время роста массивов УНТ оказывать воздействие на их геометрические параметры. Эти результаты могут быть использованы при создании чувствительных элементов газовых сенсоров на основе УНТ.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 18-79-00176).

Литература

1. Q. Zhao, Z. Xu, Y. Hu, F. Ding, J. Zhang, “Chemical vapor deposition synthesis of near-zigzag single-walled carbon nanotubes with stable tube-catalyst interface”, Sci. Adv., Vol. 2: e1501729, 2016.
2. K. Moore , D. Tune , B. Flavel, “Double-Walled Carbon Nanotube Processing”, Adv. Mater., Vol. 27, pp. 3105–3137, 2015.
3. A. Bandodkar, I. Jeerapan, J. Wang, Wearable Chemical Sensors: “Present Challenges and Future Prospects”, ACS Sens., vol. 1 (5), pp. 464–482, 2016.
1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/Pt/en/GT-Rudyk_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)